

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-305124

(43)Date of publication of application : 05.11.1999

(51)Int.Cl.

G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 10-129524

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 23.04.1998

(72)Inventor : HORIUCHI AKINAGA

(54) ZOOM LENS AND OPTICAL INSTRUMENT USING THE ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a zoom lens having high performance over the whole zoom area and the whole object distance and using a rear focus of a high variable power ratio and an optical instrument using the zoom lens.

SOLUTION: Relating to the zoom lens having four lens groups consisting of a 1st group L1 of positive refractive power, a 2nd group L2 of negative refractive power, a 3rd group L3 of positive refractive power, and a 4th group L4 of positive refractive power and capable of executing variable power operation from a wide angle end to a telephoto end by moving the 2nd group L2 to the image surface side and correcting image surface variation due to the variable power operation by moving the 4th group L4, the 2nd group L2 is constituted of four independent single lenses consisting of three negative lenses and a positive lens and the 3rd group L3 has at least one positive lens of which both lens surfaces are aspherical surfaces.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-305124

(43)公開日 平成11年(1999)11月5日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 15/16
13/18

G 0 2 B 15/16
13/18

審査請求 未請求 請求項の数12 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-129524

(22)出願日 平成10年(1998)4月23日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 堀内 昭永

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

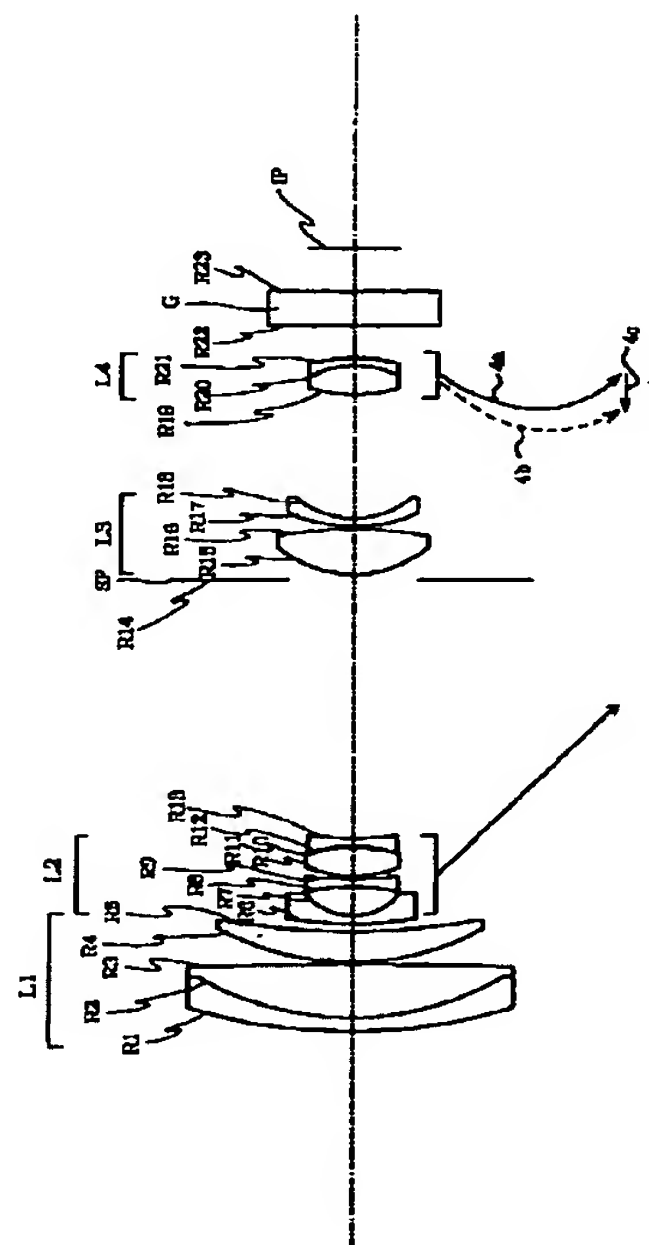
(74)代理人 弁理士 高梨 幸雄

(54)【発明の名称】 ズームレンズ及びそれを用いた光学機器

(57)【要約】

【課題】 全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有する高変倍比のリヤフォーカスを用いたズームレンズ及びそれを用いた光学機器を得ること。

【解決手段】 物体側より順に、正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、前記第2群を像面側へ移動させて広角端から望遠端への変倍を行い、変倍に伴う像面変動を前記第4群を移動させて補正するズームレンズであって、前記第2群は、3枚の負レンズと1枚の正レンズの4つの独立した単レンズにより構成され、前記第3群は両レンズ面が非球面の正レンズを少なくとも1つ有していること。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、前記第2群を像面側へ移動させて広角端から望遠端への変倍を行い、変倍に伴う像面変動を前記第4群を移動させて補正するズームレンズであって、前記第2群は、3枚の負レンズと1枚の正レンズの4つの独立した単レンズにより構成され、前記第3群は両レンズ面が非球面の正レンズを少なくとも1つ有していることを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】 前記第2群は、物体側より順に、像面側に強い凹面を向けた負の第21レンズ、両面が凹面の負の第22レンズ、物体側に強い凸面を向けた正の第23レンズ、そして両面が凹面の負の第24レンズにより構成されることを特徴とする請求項1記載のズームレンズ。

【請求項3】 広角端及び望遠端における全系の焦点距離をそれぞれ f_w 、 f_t 、前記第2群の焦点距離を f_2 としたとき、

$$0.24 < |f_2/f_A| < 0.33$$

ただし、

【数1】

$$f_A = \sqrt{f_w \cdot f_t}$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1又は2のズームレンズ。

【請求項4】 前記第2群を構成する負レンズの材質の平均アッベ数を ν_n 、前記第2群を構成する正レンズの材質のアッベ数を ν_p としたとき、

$$36 < \nu_n < 65$$

$$20 < \nu_p < 35$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1、2又は3のズームレンズ。

【請求項5】 前記第2群を構成する負レンズの材質の平均屈折率を N_n としたとき、

$$1.70 < N_n < 1.95$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1、2、3又は4のズームレンズ。

【請求項6】 物体側から数えて第 i 番目の前記第2群のレンズ面の曲率半径を R_{2i} 、前記第2群の焦点距離を f_2 としたとき、

$$0.82 < |R_{22}/f_2| < 1.07$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1から5のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項7】 物体側から数えて第 i 番目の前記第2群のレンズ面の曲率半径を R_{2i} としたとき、

$$1.66 < |R_{24}/R_{25}| < 4.00$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1から6のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項8】 物体側から数えて第 i 番目の前記第2群のレンズ面の曲率半径を R_{2i} としたとき、

$$1.00 < |R_{26}/R_{27}| < 1.46$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1から7のいずれか1項記載のズームレンズ。

【請求項9】 前記第4群を移動させてフォーカスを行うことを特徴とする請求項1から8のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項10】 広角端と望遠端における全系の焦点距離を各々 f_w 、 f_t 、前記第3群の焦点距離を f_3 としたとき、

$$0.86 < |f_3/f_A| < 1.09$$

ただし、

【数2】

$$f_A = \sqrt{f_w \cdot f_t}$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項1から9のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項11】 望遠端の無限遠物体距離における前記第4群の倍率を β_{4T} としたとき、

$$0.40 < \beta_{4T} < 0.55$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1から10のいずれか1項のズームレンズ。

【請求項12】 請求項1から11のいずれか1項のズームレンズを有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関し、特にビデオカメラやフィルムカメラ、そして放送用カメラ等に好適に用いられるズーム比が2.2倍と高変倍比でありながら構成レンズ枚数が比較的少ないリアフォーカス式を利用したズームレンズ及びそれを用いた光学機器に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 従来より写真用カメラやビデオカメラなどの光学機器に使われるズームレンズにおいて、物体側の第1群より後方のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、いわゆるリアフォーカス方式を採用した例が種々と提案されている。これは、リアフォーカス方式がフォーカスに際して比較的小型軽量のレンズ群を移動させることになるので、駆動力が小さくて済み、且つ迅速な焦点合わせができるのでオートフォーカスシステムとの相性が良い等の特長があるためである。

【0003】 このようないリアフォーカス式のズームレンズとして、例えば、特開昭63-44614号公報では、物体側より順に、正の屈折力の第1群と、変倍用の負の屈折力の第2群と、変倍に伴う像面変動を補正するための負の屈折力の第3群と、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群より成るいわゆる4群ズームレンズにおいて、第3群を移動させてフォーカスを行って

る。しかしながら、このような構成では第3群の移動空間を多く確保しなければならず、レンズ全長が増大する傾向がある。

【0004】特開昭63-278013号公報も、正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、負の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群で構成された4群ズームレンズを開示し、第2群で変倍、第4群で像面補正とフォーカシングを行っている。しかしながら、第3群を負の屈折力としたズーム方式では、第2群からの発散光を第3群で更に発散することになるため、第4群のレンズ径が大きくなってレンズ全系が大型化する要因になると共に、フォーカスによる収差変動が大きくなる傾向がある。

【0005】これに対して、特開昭62-24213号公報や特開昭63-247316号公報では、物体側より順に正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有したズームレンズにおいて、第2群を移動させて変倍を行い、変倍に伴う像面変動を第4群を移動させて補正すると共に第4群でフォーカシングを行って、レンズ系全体の小型化を図ったズームレンズを提案している。

【0006】特開昭63-29718号公報は、物体側より順に正の屈折力の第1群と、負レンズ、負レンズ、正レンズの3枚のレンズにて構成され全体として負の屈折力で変倍時に可動であって主として変倍をつかさどる第2群と、正の屈折力を有し非球面を含む第3群と、少し大きな空気間隔を開けて正の屈折力を有し変倍に伴う像面変動を補正し、合焦のために移動する第4群より構成したズームレンズを開示している。

【0007】特開平5-72472号公報は、物体側より順に正の屈折力を持ち、変倍及びフォーカスの際に固定の第1群、負の屈折力を持ち変倍のため移動する第2群、固定で集光作用を有し正の屈折力の第3群、変倍に伴い移動する像面位置を維持するために光軸上を移動する正の屈折力の第4群を有する非球面を用いたズームレンズを開示している。この公報に開示されたズームレンズは、第2群をメニスカス状の負レンズと両レンズ面が凹面の負レンズと正レンズで構成し、第3群を1面以上の非球面を用いた単レンズで構成し、第4群を1面以上の非球面を有するレンズで構成している。

【0008】しかしながら、上記3つの公報には、第2群を4つのレンズで構成したズームレンズは開示されていない。

【0009】一方、米国特許明細書第4299454号では、物体側より順に正の屈折力の第1正レンズ群、第2負レンズ群、後方の正レンズ群より構成され、第2負レンズ群を含む少なくとも2つのレンズ群を移動させて変倍を行い、第2負レンズ群を物体側から第1、第2の負レンズと正のダブレットによって構成したズームレンズを開示しているが、第3レンズ群が移動しているため

に機構が複雑になってくる。米国再発行特許明細書第32923号には、物体側より順に第1正レンズ群、第2負レンズ群、絞り、そして第3正レンズ群、第4正レンズ群を配し、第1、第4レンズ群は変倍の際同じ方向に動き、絞りは変倍の際に固定のズームレンズが開示されている。そして第2群は1つの接合レンズを用いている。

【0010】更に、上記2件の米国特許には、第3群に両面非球面レンズを配した例は開示されていない。

【0011】特開平7-270684号公報と特開平7-318804号公報では、物体側より順に正の屈折力を持ち固定の第1群、負の屈折力を持ち変倍のための第2群、正の屈折力を持ち固定の第3群、変倍に伴い変動する像面位置を維持するためとフォーカシングを行うために光軸上を移動する正の屈折力の第4群を有し、第2群を4枚の単レンズで構成したズームレンズを開示しているが、第3群に両面非球面レンズを配したズームレンズは開示していない。

【0012】特開平5-060974号公報は、物体側より順に正の屈折力を持ち固定の第1群、負の屈折力を持ち変倍のための第2群、正の屈折力を持ち固定の第3群、変倍に伴い変動する像面位置を維持するためとフォーカシングを行うために光軸上を移動する正の屈折力の第4群を有するレンズ全長の短い変倍レンズを開示しているが、第2群を4つの単レンズで構成したり、第3群に両面非球面レンズを配したズームレンズは開示されていない。

【0013】

【発明が解決しようとしている課題】本発明は、従来にない新規な構成のズームレンズであって、レンズ系全体を小型化し、高変倍比であるにもかかわらず高い光学性能を有し、かつレンズの構成枚数を減らした簡易な構成のズームレンズ及びそれを用いた光学機器の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明のズームレンズは、

(1-1) 物体側より順に、正の屈折力の第1群、負の屈折力の第2群、正の屈折力の第3群、そして正の屈折力の第4群の4つのレンズ群を有し、前記第2群を像面側へ移動させて広角端から望遠端への変倍を行い、変倍に伴う像面変動を前記第4群を移動させて補正するズームレンズであって、前記第2群は、3枚の負レンズと1枚の正レンズの4つの独立した単レンズにより構成され、前記第3群は両レンズ面が非球面の正レンズを少なくとも1つ有していることを特徴としている。

【0015】

【発明の実施の形態】図1は本発明のリヤフォーカス式のズームレンズを有した撮像装置の実施形態1の要部断面図、図2、図3、図4は実施形態1の広角端、中

間、望遠端のズーム位置における収差図である。

【0016】図5は本発明のリヤフォーカス式のズームレンズを有した撮像装置の実施形態2の要部断面図、図6、図7、図8は実施形態2の広角端、中間、望遠端のズーム位置における収差図である。

【0017】図9は本発明のリヤフォーカス式のズームレンズを有した撮像装置の実施形態3の要部断面図、図10、図11、図12は実施形態3の広角端、中間、望遠端のズーム位置における収差図である。

【0018】図中L1は正の屈折力の第1群、L2は負の屈折力の第2群、L3は正の屈折力の第3群、L4は正の屈折力の第4群である。SPは開口絞りであり、第3群L3の前方に配置している。Gは色分解プリズムやフェースプレートやフィルター等のガラスブロックである。IPは像面であり、CCD等の撮像素子が配置されている。

【0019】本実施形態では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第2群を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第4群の一部又は全部（本実施形態では全部）を物体側に凸状の軌跡を有しつつ移動させて補正している。

【0020】又、第4群の一部又は全部（本実施形態では全部）を光軸上移動させてフォーカスを行うリヤフォーカス式を採用している。同図に示す第4群の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。尚、第1群と第3群は変倍及びフォーカスの際固定である。

【0021】本実施例においては第4群を移動させて変倍に伴う像面変動の補正を行うと共に第4群を移動させてフォーカスを行うようにしている。特に同図の曲線4a、4bに示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第3群と第4群との空間の有効利用を図りレンズ全長の短縮化を効果的に達成している。

【0022】本実施例において、例えば望遠端において無限遠物体から近距離物体へフォーカスを行う場合は同図の直線4cに示すように第4群を前方へ繰り出すことにより行っている。

【0023】さて、本発明において最も特徴的な点は、第2群L2を3枚の負レンズと1枚の正レンズの4つの独立した単レンズより構成し、更に第3群L3を構成するレンズ面のうち、少なくとも1つの正レンズの両レンズ面を非球面としている点にある。

【0024】すなわち、本発明のようなタイプのズームレンズにおいて、変倍に大きく寄与する第2群L2を上記のようなレンズ構成にすることにより、各レンズのパワーの分担を減らしベッツバール和の低減を図っている。これによって、高変倍比にしてもズーミングによる像面

の変動を少なくしている。更に該第2群から発散で入ってくる光束を受け止める第3群の正レンズに両レンズ面が非球面のレンズを1つ以上第3群3に配することにより光学性能の向上も図っている。また、これにより第4群に非球面を配する必要が無くなりコスト的にもメリットが出てくる。本実施形態においては、第3群L3を構成する最も物体側の正レンズの両レンズ面に非球面を用いている。

【0025】本実施形態では以上のようにレンズ構成を設定することにより、全変倍範囲にわたり、又、物体距離全体にわたり高い光学性能を得ている。

【0026】本発明のズームレンズは、以上のような構成を満足することにより実現されるが、更に光変倍比を維持しつつ光学性能を良好に維持する為には、以下の条件のうち少なくとも1つを満足することが望ましい。

【0027】(7) 第2群L2は、物体側より順に物体側に比べて像面側に強い凹面を向けた負の第21レンズ、両レンズ面が凹面の負の第22レンズ、物体側に強い凸面を向けた正の第23レンズ、そして両レンズ面が凹面の負の第24レンズによって構成することが望ましい。

【0028】本発明のようなズームタイプで変倍比を上げる場合には、変倍機能に大きく寄与する第2群L2の移動量を大きくするか、第2群L2の焦点距離を短くする必要がある。前者の方法は、ズームレンズの大型化を招くため好ましくなく、後者の方法は大型化はしないものの第2群L2に変倍の負担が大きくなり、光学性能を良好に保つことが困難になってくる。そこで上述のごとく第2群L2を構成することにより、系全体の大型化を防ぎつつ光学性能も良好に保っている。特に第2群L2に関して、物体側から順に負レンズ、負レンズ、正レンズ、負レンズとほぼ対称の形で配置することにより色収差を良好に補正している。すなわち主点の色消しを良好に行っている。

【0029】(4) 第3群中の正レンズの両レンズ面の非球面は、前記第3群の物体側から数えて第1番目の第31レンズに配置することにより、より効果的に収差を補正する事が可能としている。特に広角端における軸上の球面収差を良好に補正している。このときの非球面は、レンズの周辺部にいくにしたがって正の屈折力が弱くなる形状となることが望ましい。

【0030】従来より、第3群の1面を非球面にした例は開示されているが、1つの非球面では、本発明のレンズ構成において十分な収差補正と小型化が困難になってきている。すなわち、レンズ系全体を更に小型化するには、第3群で十分に光束を細くすることが重要であるが、もともと第3群には第2群から発散光で入ってくるために、その光束を細くして出すには第3群の屈折力の負担が大きかった。

【0031】そこで本発明は、第3群の正レンズを両レンズ面が非球面のレンズにすることによって、収差が良

好な状態を保ちつつ光束を細くする事が可能としている。又、それにより、第3群と第4群の間隔を更に縮めることができ、小型化を達成している。特に、両レンズ面が非球面のレンズの物体側のレンズ面には発散光が入射し、該レンズ面で収斂して像面側のレンズ面には収斂光が入射するようにして、収差補正を良好に行っている。

【0032】(η) ズームレンズの広角端及び望遠端における全系の焦点距離を f_w , f_t 、第2群の焦点距離を f_2 とおいたとき

$$0.24 < |f_2/f_A| < 0.33 \quad \dots (1)$$

ただし、

【0033】

【数3】

$$f_A = \sqrt{f_w \cdot f_t}$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0034】これは第2群の焦点距離（換言すればパワー屈折力）を適正にするための条件式である。条件式（1）の上限値を超えて焦点距離が長くなると、収差補正上は好ましいが、所望のズーム比を得るためには第2群の移動量を大きくしなくてはならず、レンズ系全体の大変形を招き好ましくない。逆に下限値を超えるとベッツバール和が負の方向に大きくなり、像面が倒れてくるので良好な光学性能を保つのが困難になる。

【0035】(i) 第2群を構成する正レンズの材質の平均アッベ数を ν_p 、第2群を構成する負レンズの材質の

$$0.82 < |R_{22}/f_2| < 1.07 \quad \dots (5)$$

$$1.66 < |R_{24}/R_{25}| < 4.00 \quad \dots (6)$$

$$1.00 < |R_{26}/R_{27}| < 1.46 \quad \dots (7)$$

なる条件式の少なくとも1つを満足することが望ましい。

【0040】これらの条件式は主に球面収差とコマ収差、非点収差そして像面湾曲をバランスよく補正するための条件である。

【0041】条件式（5）の上限値を超えるとコマ収差が大きくなり、逆に下限値を超えると像面が物体側に凹となるように湾曲してくるので好ましくない。

【0042】条件式（6）は各収差をお互いのレンズ面でうまくキャンセルしながら補正するための条件式である。条件式（6）の上限値を超えると球面収差がアンダーとなって補正不足となるので好ましくない。逆に下限値を超えると内向性コマ収差が大きくなるので好ましくない。

【0043】条件式（7）の上限値を超えると球面収差がオーバーになり補正過剰となるので好ましくない。逆に下限値を超えると広角端における樽型の歪曲収差が大きくなるので好ましくない。

【0044】条件式（5）～（7）については、それぞれの条件式を満足することでそれぞれの作用効果を得る

平均アッベ数を ν_n とおいたとき

$$36 < \nu_n < 65 \quad \dots (2)$$

$$20 < \nu_p < 35 \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0036】これは第2群で発生する色収差を良好に補正するための条件式である。前述したように、第2群は変倍に大きく寄与しているので、ここで発生する収差は良好に補正する必要がある。特に変倍比が2.2倍を超えるような高変倍比のズームレンズにおいては、色収差も良好に補正することが重要である。条件式（2）の上限値を超えると軸上色収差がオーバーになり補正過剰となる。逆に、下限値を超えると軸上色収差がアンダーになり補正不足となる。条件式（3）においては、条件式（2）の場合と現象の発生は逆になるが、上限値あるいは下限値を越えるとやはり色収差を良好に補正することが難しい。

【0037】(o) 収差補正を行うためには、第2群を構成する負レンズの材質の平均屈折率を N_n とおいたとき、

$$1.70 < N_n < 1.95 \quad \dots (4)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0038】これは条件式（1）とも関係してくるが、負レンズの材質に高屈折率ガラスを用いてベッツバール和の悪化を防ぐための条件で、限界値を超えると像面湾曲が悪化してくる。

【0039】(k) 物体側から数えて第 i 番目の第2群のレンズの曲率半径を R_{2i} とおいたとき

$$0.82 < |R_{22}/f_2| < 1.07 \quad \dots (5)$$

$$1.66 < |R_{24}/R_{25}| < 4.00 \quad \dots (6)$$

$$1.00 < |R_{26}/R_{27}| < 1.46 \quad \dots (7)$$

ことができるが、全ての条件式を満足することが収差補正上望ましいのはここで言うまでもない。

【0045】(j) 前記第3群の焦点距離を f_3 としたとき、

$$0.86 < |f_3/f_A| < 1.09 \quad \dots (8)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0046】これは第3群の焦点距離（換言すればパワー）を適正にするための条件式である。条件式（8）の上限値を超えて焦点距離が長くなると、第3群の変倍の負担が軽くなり収差補正上は好ましいが、第4群の変倍の負担が大きくなり第4群のレンズ枚数を増やしたり非球面を用いたレンズを配したりしなければならず、小型化が困難になってくる。逆に下限値を超えると第3群の変倍の負担が大きくなり、良好な光学性能、特に球面収差を悪化させて好ましくない。

【0047】(l) 望遠端の無限遠物体距離における前記第4群の倍率を β_{4T} としたとき、

$$0.40 < \beta_{4T} < 0.55 \quad \dots (9)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【0048】これは第4群の焦点距離と関係する式であ

る。条件式(9)の上限値を越えて倍率が大きくなると第4群の移動量が大きくなり小型化を阻害する。逆に下限値を超えるとバックフォーカスが長くなり好ましくない。

【0049】次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたビデオカメラ(光学機器)の実施形態を図13を用いて説明する。

【0050】図13において、10はビデオカメラ本体、11は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系、12は撮影光学系11によって被写体像を受光するCCD等の撮像素子、13は撮像素子12が受光した被写体像を記録する記録手段、14は不図示の表示素子に表示された被写体像を観察するためのファインダーである。上記表示素子は液晶パネル等によって構成され、撮像素子12上に形成された被写体像が表示される。

【0051】このように本発明のズームレンズをビデオカメラ等の光学機器に適用することにより、小型で高い光学性能を有する光学機器を実現している。

【0052】以下に本発明の数値実施例を記載する。

【0053】数値実施例において、 R_i は物体側より順

に第*i*番目の面の曲率半径、 D_i は第*i*番目の面と第*i*+1番目の面の間隔(レンズ厚あるいは空気間隔)、 N_i と ν_i はそれぞれ第*i*番目のレンズの材質の屈折率とアッペ数である。

【0054】非球面形状は、光軸方向にX軸、光軸と垂直方向H軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、各非球面係数をK, B, C, D, E, Fとしたとき、

【0055】

【数4】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10} + FH^{12}$$

なる式で表している。

【0056】また、例えば「e-Z」の表示は「10^{-Z}」を意味する。

【0057】また、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。

【0058】

【外1】

数値実施例 1

$f=1 \sim 22.80$ $Fno=1.55 \sim 3.91$ $2\omega=57.5 \sim 2.8$

$R_1 = 11.212$	$D_1 = 0.92$	$N_1 = 1.846660$	$\nu_1 = 29.8$
$R_2 = 6.058$	$D_2 = 1.22$	$N_2 = 1.803112$	$\nu_2 = 60.6$
$R_3 = -82.529$	$D_3 = 0.05$		
$R_4 = 5.587$	$D_4 = 0.88$	$N_3 = 1.696797$	$\nu_3 = 55.5$
$R_5 = 14.317$	$D_5 = \text{可変}$	$N_4 = 1.834000$	$\nu_4 = 37.2$
$R_6 = 7.675$	$D_6 = 0.20$	$N_5 = 1.834807$	$\nu_5 = 42.7$
$R_7 = 1.241$	$D_7 = 0.66$		
$R_8 = -4.048$	$D_8 = 0.17$	$N_6 = 1.846660$	$\nu_6 = 29.8$
$R_9 = 5.949$	$D_9 = 0.07$	$N_7 = 1.804000$	$\nu_7 = 45.6$
$R_{10} = 2.501$	$D_{10} = 0.67$		
$R_{11} = -3.408$	$D_{11} = 0.04$	$N_8 = 1.589126$	$\nu_8 = 59.4$
$R_{12} = -2.782$	$D_{12} = 0.17$	$N_9 = 1.846660$	$\nu_9 = 29.8$
$R_{13} = 6.600$	$D_{13} = \text{可変}$	$N_{10} = 1.516330$	$\nu_{10} = 64.1$
$R_{14} = \text{絞り}$	$D_{14} = 0.15$	$N_{11} = 1.805181$	$\nu_{11} = 25.4$
$R_{15} = 2.129$	$D_{15} = 1.05$	$N_{12} = 1.516330$	$\nu_{12} = 64.2$
$R_{16} = -6.481$	$D_{16} = 0.05$		
$R_{17} = 3.123$	$D_{17} = 0.20$		
$R_{18} = 1.807$	$D_{18} = \text{可変}$		
$R_{19} = 3.092$	$D_{19} = 0.58$		
$R_{20} = -2.037$	$D_{20} = 0.17$		
$R_{21} = -3.768$	$D_{21} = \text{可変}$		
$R_{22} = \infty$	$D_{22} = 0.81$		
$R_{23} = \infty$			

焦点距離 可変範囲	1.00	8.95	22.80
D5	0.17	4.79	5.67
D13	5.95	1.83	0.45
D18	2.85	1.17	2.27
D21	0.78	2.42	0.32

*は非球面

非球面係数

$R_{15} K=-2.95062e+00$ $B=2.77855e-02$ $C=-4.28812e-03$
 $D=-2.54540e-04$ $E=1.02158e-08$ $F=-3.82079e-04$

$R_{16} K=-1.61171e+01$ $B=4.17705e-08$ $C=-2.18701e-03$
 $D=2.19892e-08$ $E=-3.75276e-04$ $F=2.08033e-05$

【0059】

【外2】

数値実施例 2

 $f = 1 \sim 24.54$ $Fno = 1.65 \sim 4.02$ $2\omega = 57.9 \sim 2.6$

R 1 = 11.033	D 1 = 0.32	N 1 = 1.846660	ν 1 = 23.8
R 2 = 8.233	D 2 = 1.34	N 2 = 1.609112	ν 2 = 80.8
R 3 = -77.014	D 3 = 0.05		
R 4 = 5.701	D 4 = 0.69	N 3 = 1.638539	ν 3 = 55.4
R 5 = 13.327	D 5 = 可変		
R 6 = 6.654	D 6 = 0.20	N 4 = 1.834000	ν 4 = 37.2
R 7 = 1.222	D 7 = 0.69		
R 8 = -3.818	D 8 = 0.17	N 5 = 1.834807	ν 5 = 42.7
R 9 = 9.572	D 9 = 0.12		
R10 = 2.639	D10 = 0.64	N 6 = 1.846660	ν 6 = 23.8
R11 = -3.900	D11 = 0.01		
R12 = -3.497	D12 = 0.17	N 7 = 1.804000	ν 7 = 46.6
R13 = 5.438	D13 = 可変		
R14 = 絞り	D14 = 0.15		
R15 = 2.264	D15 = 1.04	N 8 = 1.583126	ν 8 = 59.4
R16 = -6.688	D16 = 0.05		
R17 = 3.418	D17 = 0.20	N 9 = 1.846660	ν 9 = 23.8
R18 = 1.995	D18 = 可変		
R19 = 3.275	D19 = 0.74	N10 = 1.516930	ν 10 = 64.1
R20 = -1.950	D20 = 0.17	N11 = 1.805181	ν 11 = 25.4
R21 = -3.569	D21 = 可変		
R22 = ∞	D22 = 0.81	N12 = 1.516930	ν 12 = 64.2
R23 = ∞			

焦点距離 可変範囲	1.00	9.49	24.54
D 5	0.21	5.27	6.23
D19	8.25	1.20	0.23
D18	3.12	1.23	3.48
D21	0.74	2.62	0.37

*は非球面

非球面係数

R15 $k = -2.98695e+00$ $B = 2.31988e-02$ $C = -1.67619e-03$
 $D = -5.45254e-04$ $E = 6.77550e-04$ $F = -1.89552e-04$

R16 $k = -7.75089e+00$ $B = 8.76297e-03$ $C = 1.45357e-04$
 $D = 6.41148e-04$ $E = -2.21028e-04$ $F = -2.54219e-05$

【0060】

【外3】

数値実施例 8

$$f = 1 \sim 19.99 \quad Fno = 1.85 \sim 3.52 \quad 2\omega = 67.5 \sim 9.1$$

R 1 = 11.418	D 1 = 0.32	N 1 = 1.846660	ν 1 = 23.8
R 2 = 6.159	D 2 = 1.28	N 2 = 1.603112	ν 2 = 60.6
R 3 = -54.401	D 3 = 0.05		
R 4 = 5.871	D 4 = 0.68	N 3 = 1.638599	ν 3 = 55.4
R 5 = 13.218	D 5 = 可変		
R 6 = 11.860	D 6 = 0.20	N 4 = 1.834000	ν 4 = 37.2
R 7 = 1.266	D 7 = 0.58		
R 8 = -4.968	D 8 = 0.17	N 5 = 1.804000	ν 5 = 46.6
R 9 = 4.967	D 9 = 0.15		
R10 = 2.681	D10 = 0.59	N 6 = 1.846660	ν 6 = 23.8
R11 = -5.821	D11 = 0.03		
R12 = -4.397	D12 = 0.17	N 7 = 1.772499	ν 7 = 49.6
R13 = 8.565	D13 = 可変		
R14 = 絞り	D14 = 0.24		
R15* = 2.197	D15 = 0.88	N 8 = 1.583126	ν 8 = 59.4
R16* = -6.237	D16 = 0.07		
R17 = 3.230	D17 = 0.20	N 9 = 1.805181	ν 9 = 25.4
R18 = 1.899	D18 = 可変		
R19 = 3.521	D19 = 0.61	N10 = 1.518330	ν 10 = 64.1
R20 = -1.986	D20 = 0.17	N11 = 1.805181	ν 11 = 25.4
R21 = -3.697	D21 = 可変		
R22 = ∞	D22 = 0.80	N12 = 1.518330	ν 12 = 64.2
R23 = ∞			

焦点距離 可変距離	1.00	8.47	19.99
D 5	0.21	4.90	5.79
D18	6.00	1.30	0.41
D18	2.78	1.13	2.90
D21	0.73	2.39	0.61

*は非球面

非球面係数

R15 $k = -2.50798e+00$ $B = 2.04055e-02$ $C = -2.87508e-03$
 $D = -6.29936e-04$ $E = 1.08180e-03$ $F = -2.38535e-04$

R16 $k = -8.84264e+00$ $B = 6.94108e-03$ $C = -3.62483e-03$
 $D = 1.84163e-03$ $E = -1.60394e-05$ $F = -9.78033e-05$

【0061】

【表1】

表-1

条件式	数値実施例		
	1	2	3
(1) $ f_2/f_A $	0.27	0.27	0.30
(2) ν_n	42.2	42.2	44.4
(3) ν_p	23.8	23.8	23.8
(4) N_n	1.82	1.82	1.80
(5) $ R_{22}/f_2 $	0.97	0.92	0.95
(6) $ R_{24}/R_{25} $	2.78	3.63	1.85
(7) $ R_{26}/R_{27} $	1.23	1.12	1.32
(8) $ f_3/f_A $	0.97	0.96	0.99
(9) β_{4T}	0.50	0.50	0.50

【0062】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レンズ系全体を小型化し、高変倍比で、しかもFナンバーが1.6程度の明るいレンズにもかかわらず高い光学性能を有し、かつレンズの構成枚数が少ないズームレンズ及びそれを用いた光学機器を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の数値実施例1のレンズ断面図

【図2】本発明の数値実施例1の広角端の収差図

【図3】本発明の数値実施例1の中間の収差図

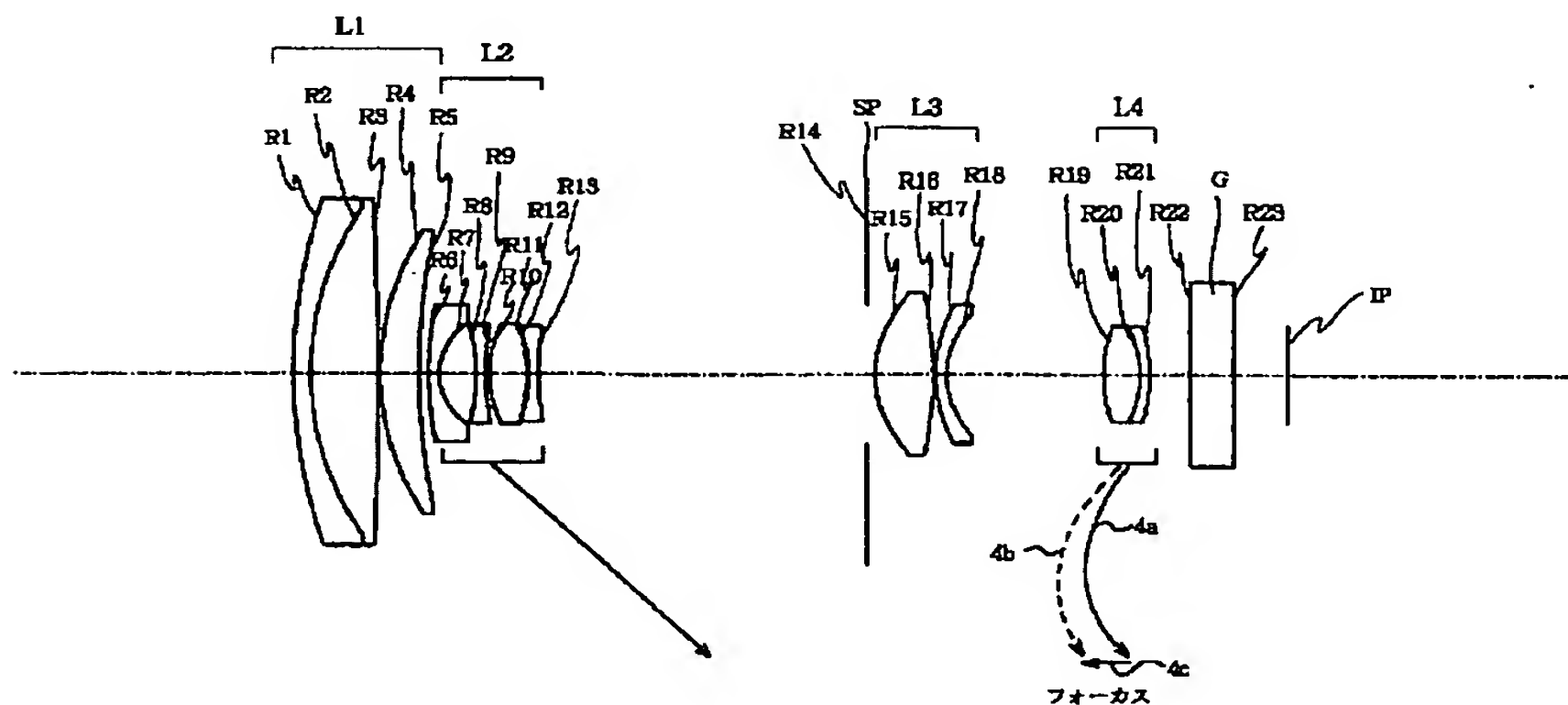
【図4】本発明の数値実施例1の望遠端の収差図

【図5】本発明の数値実施例2のレンズ断面図

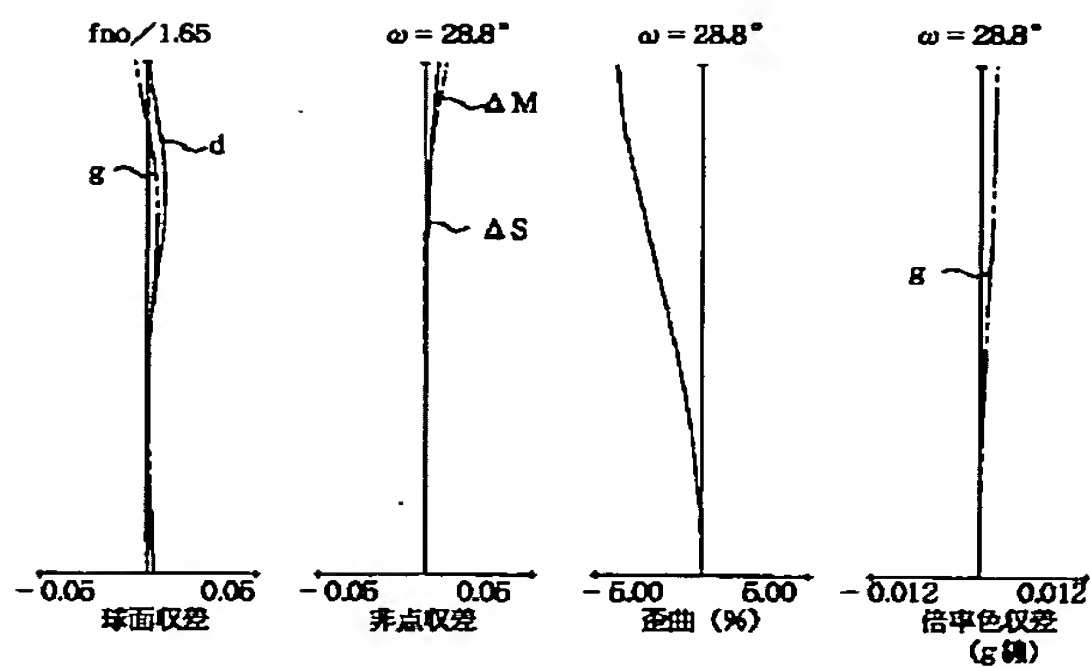
- 【図6】本発明の数値実施例2の広角端の収差図
 【図7】本発明の数値実施例2の中間の収差図
 【図8】本発明の数値実施例2の望遠端の収差図
 【図9】本発明の数値実施例3のレンズ断面図
 【図10】本発明の数値実施例3の広角端の収差図
 【図11】本発明の数値実施例3の中間の収差図
 【図12】本発明の数値実施例3の望遠端の収差図
 【図13】本発明の光学機器の要部概略図
 【符号の説明】
 L1 第1群

- L2 第2群
 L3 第3群
 L4 第4群
 SP 絞り
 G ガラスブロック
 IP 像面
 d d線
 g g線
 ΔM メリディオナル像面
 ΔS サジタル像面

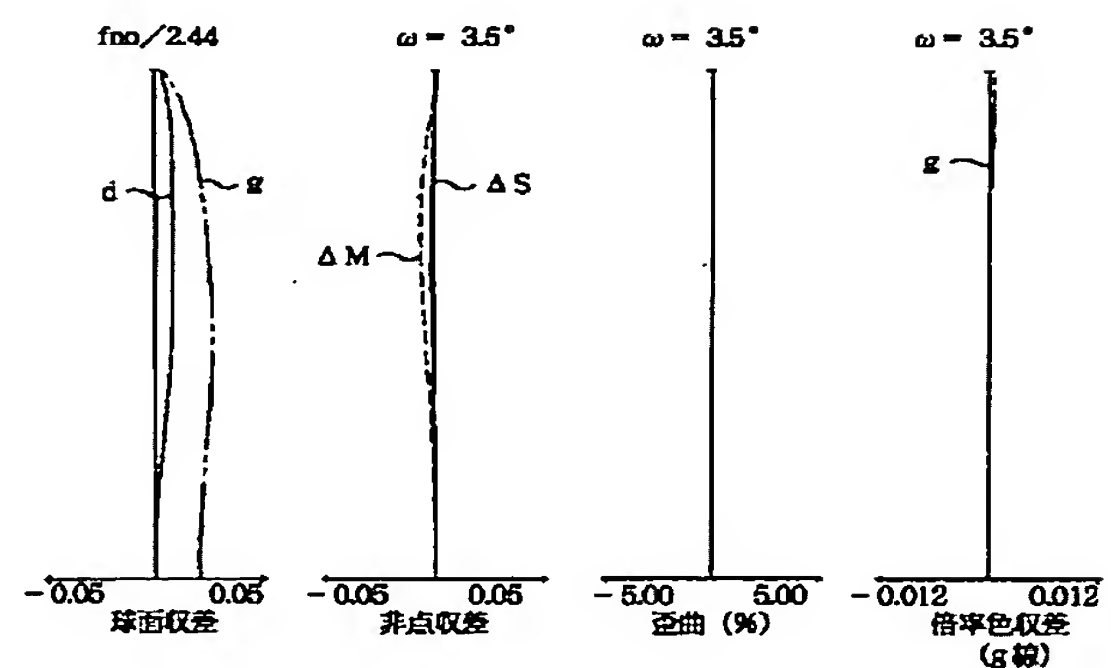
【図1】



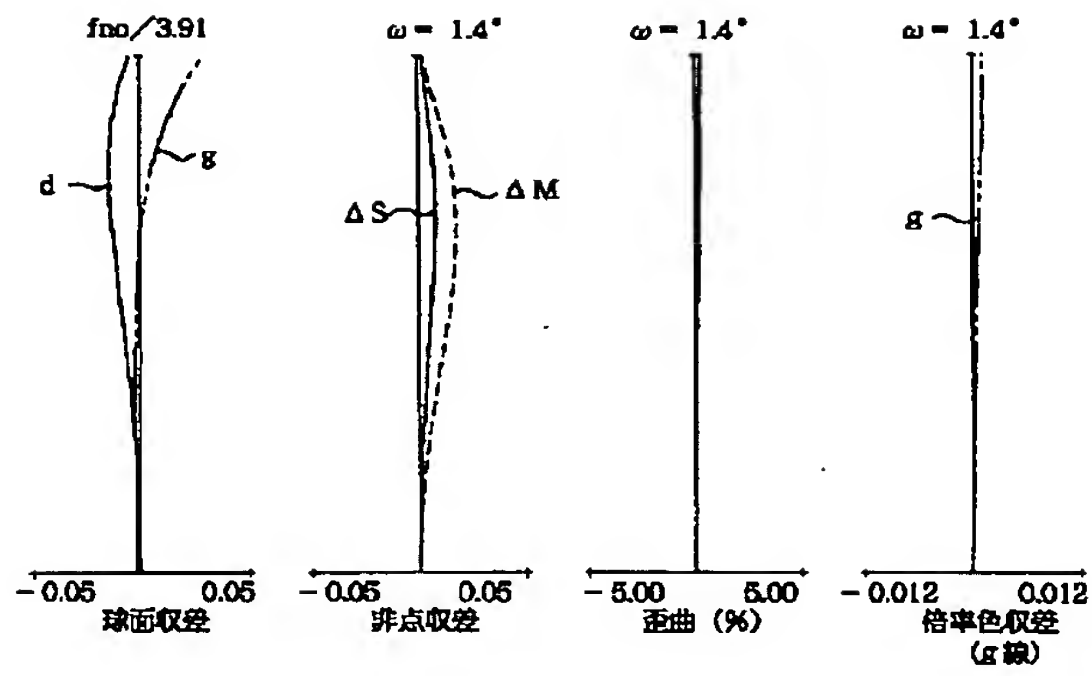
【図2】



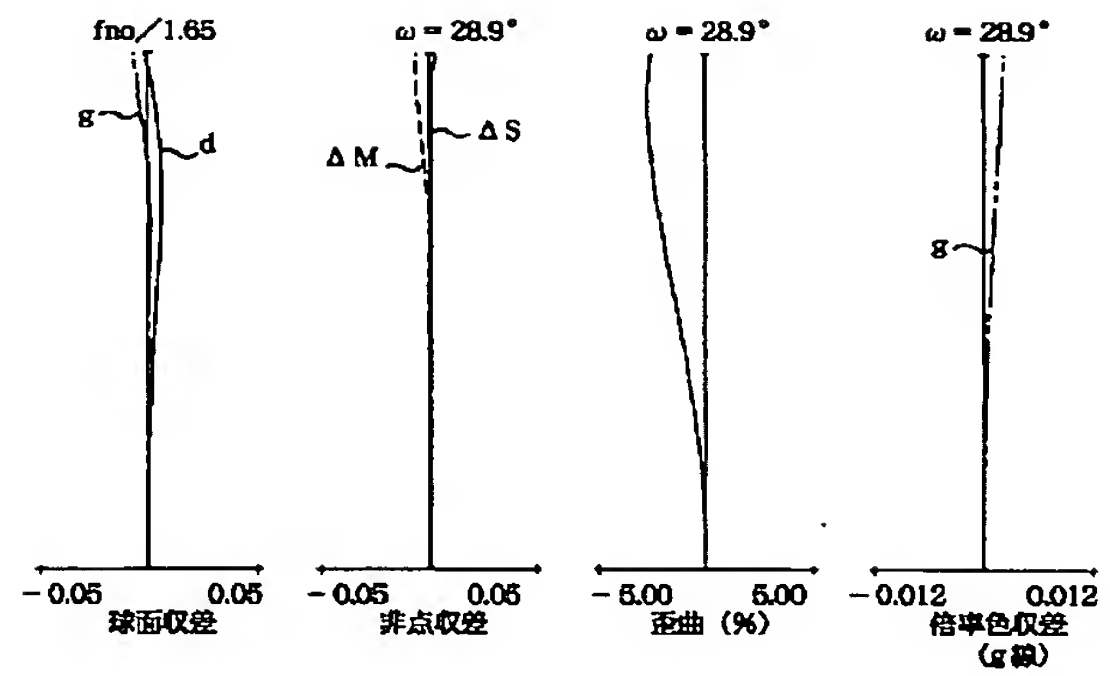
【図3】



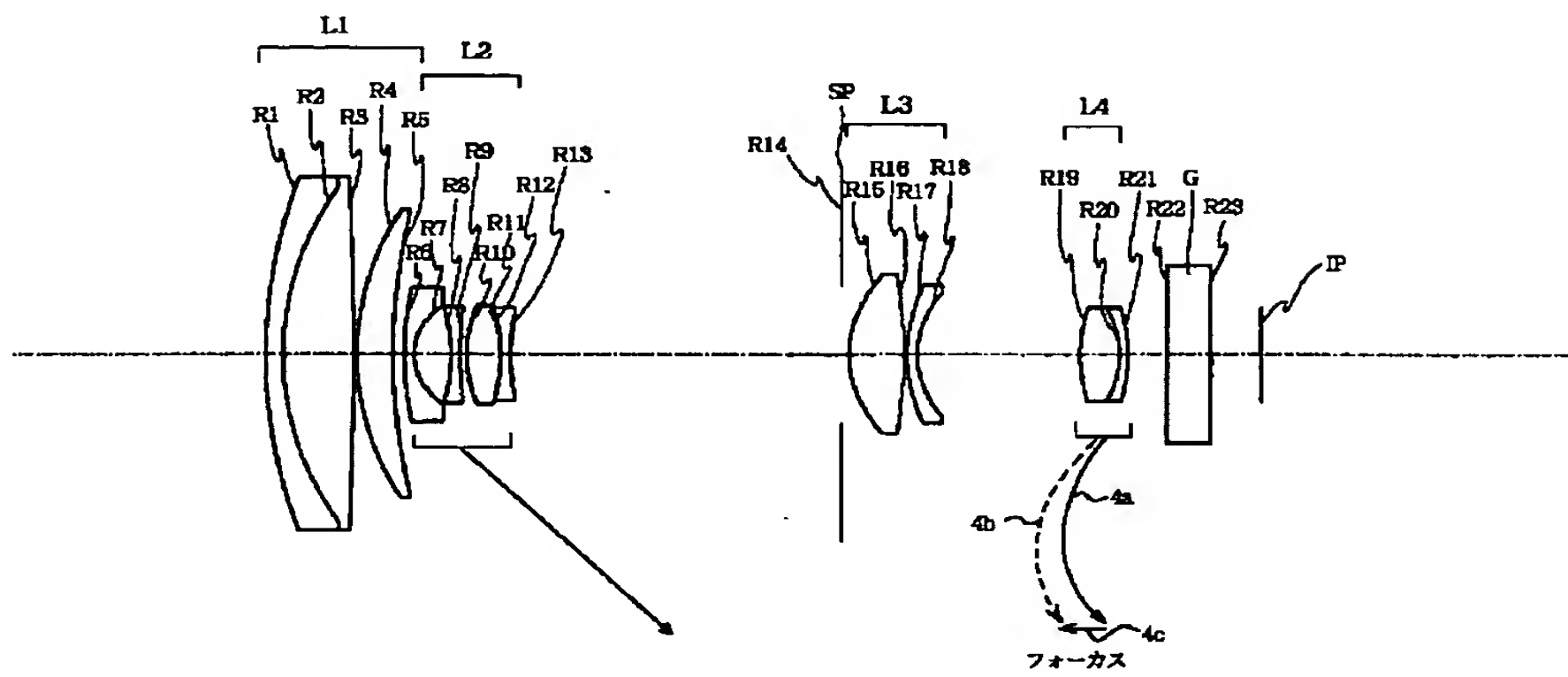
【図4】



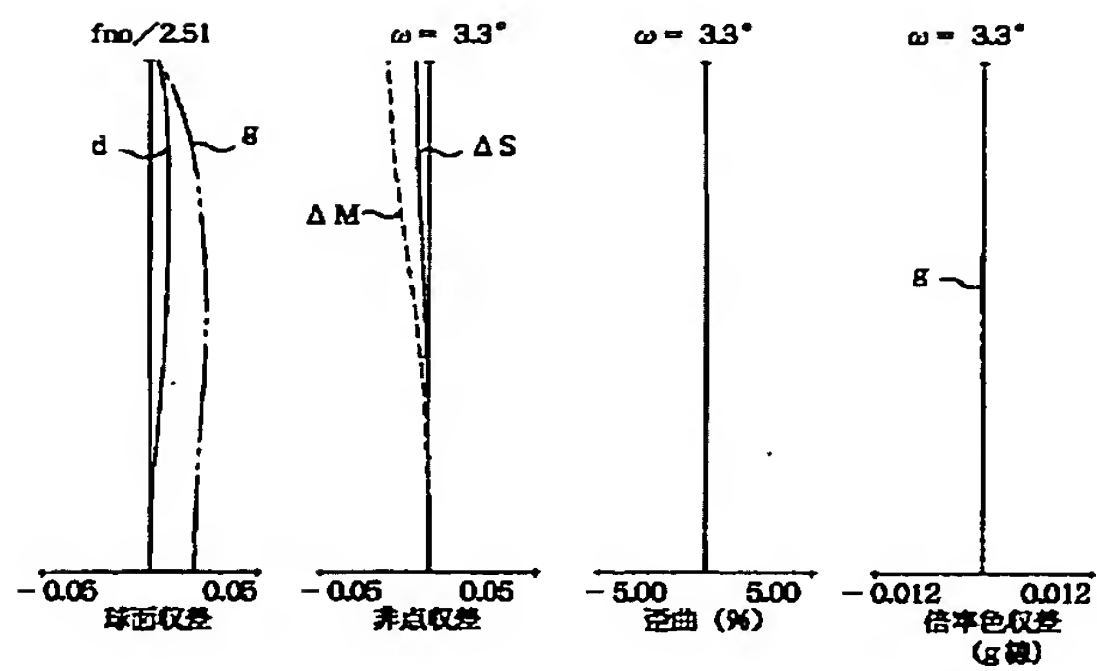
【図6】



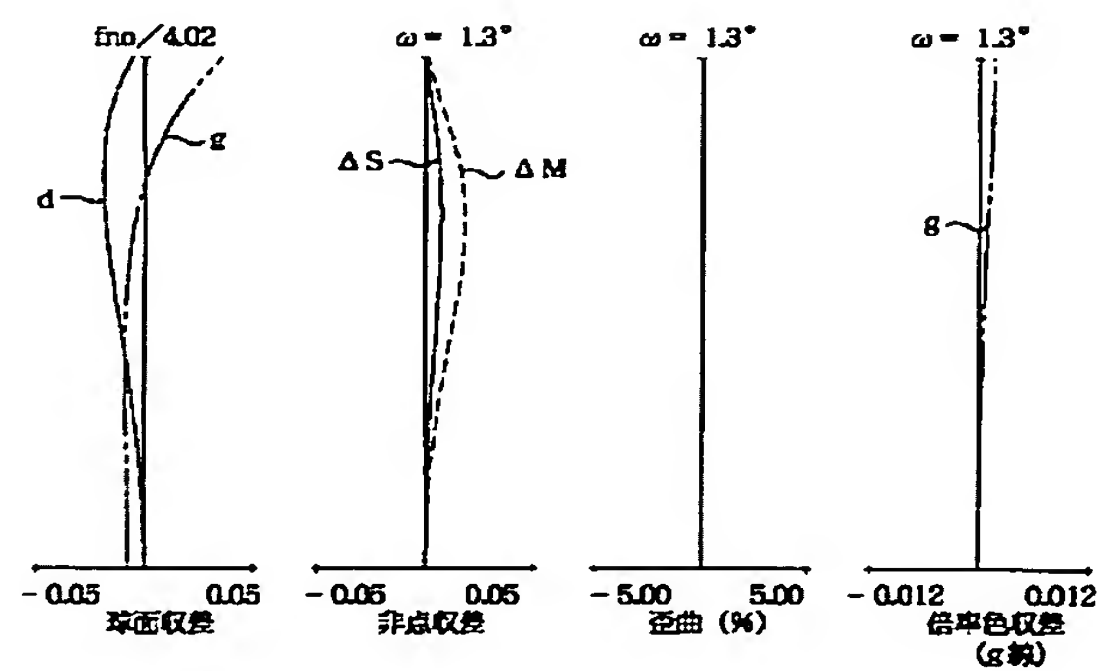
【図5】



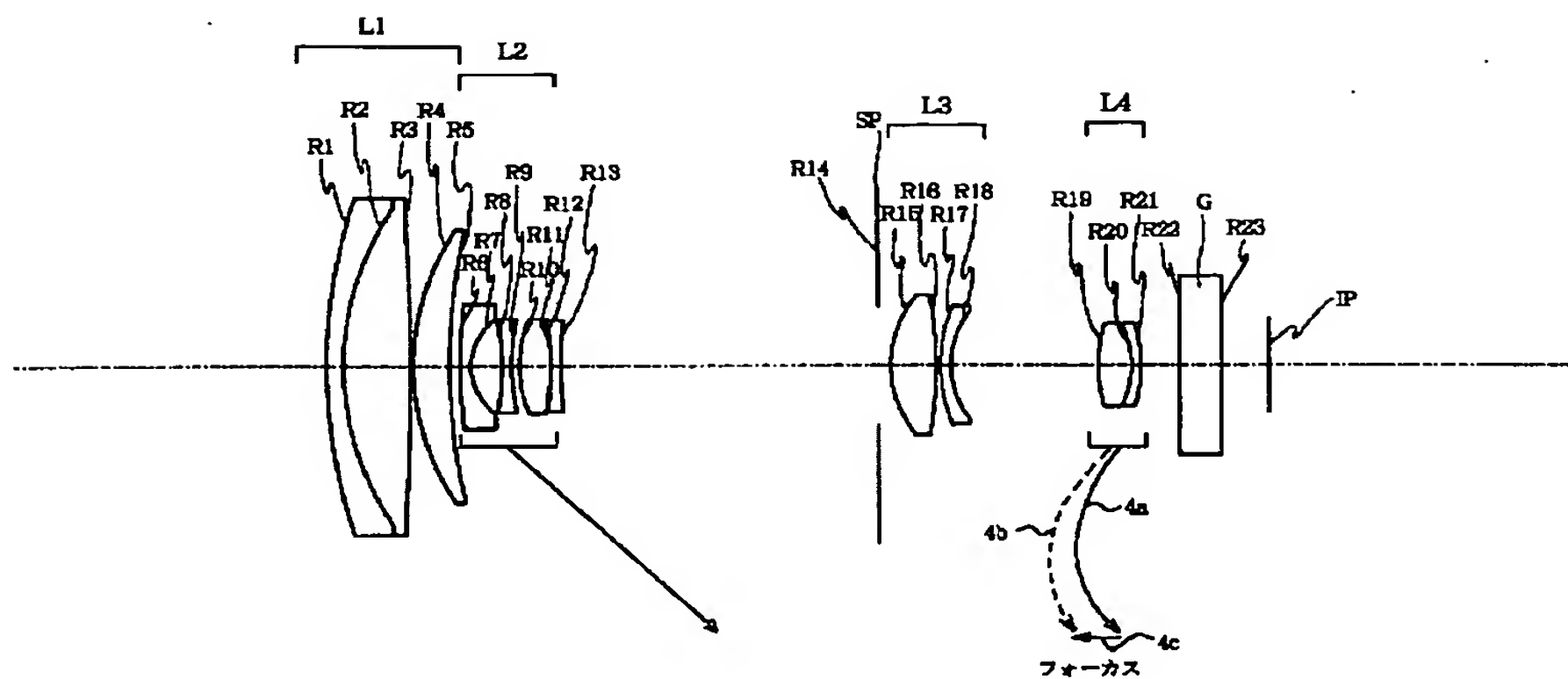
【図7】



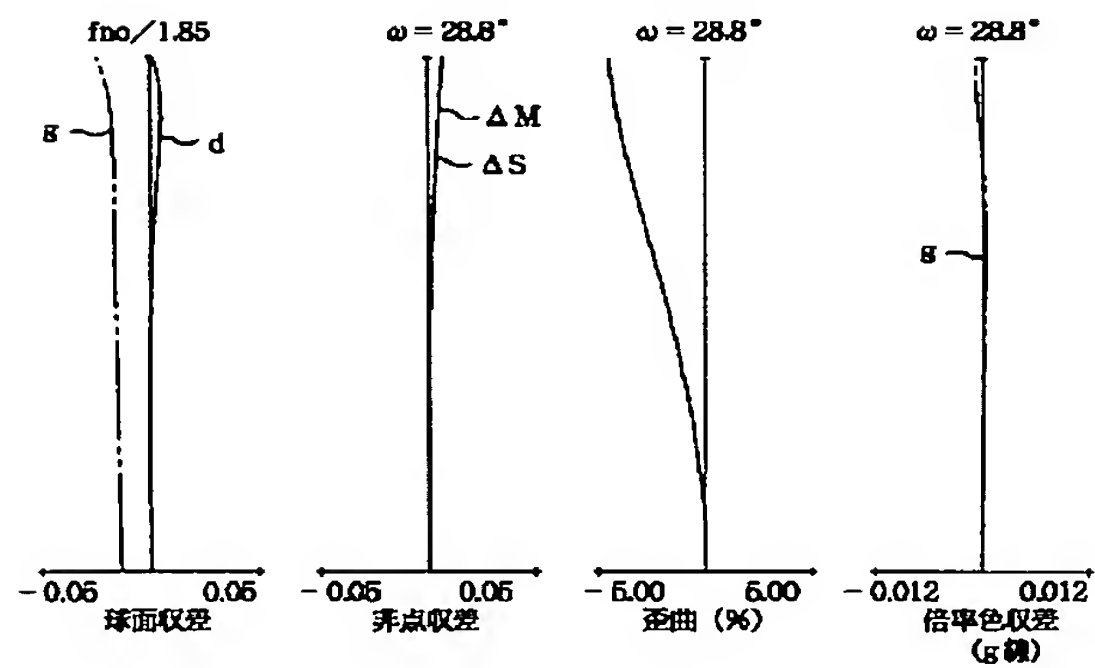
【図8】



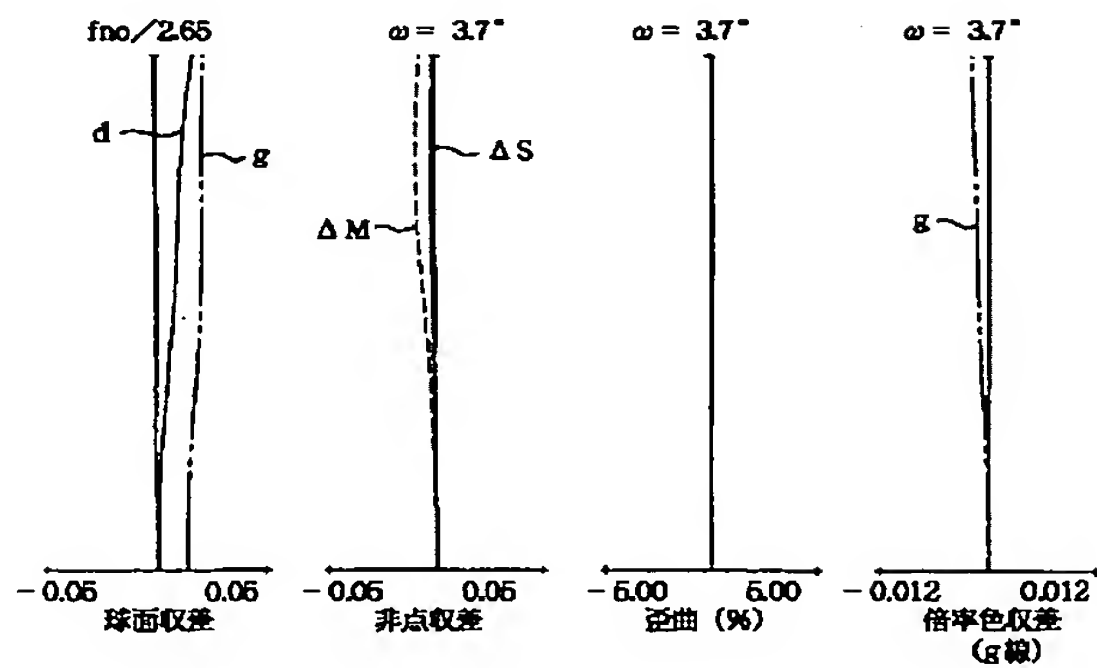
【図9】



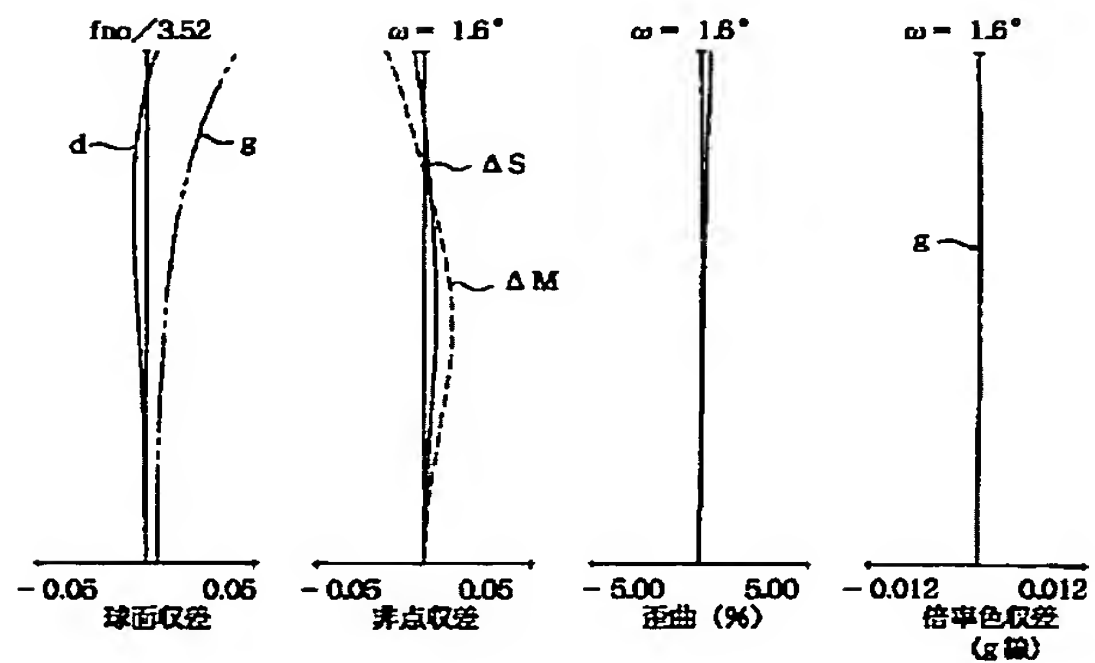
【図10】



【図11】



【図12】



(12)

特開平11-305124

【図13】

